

## Method for manufacturing heat exchangers for super critical refrigeration circuits has flat multi-bore tubes between manifolds and finned plates joining them

**Publication number:** DE10007159

**Publication date:** 2000-09-14

**Inventor:** YAMAUCHI YOSHIYUKI (JP); YAMAMOTO KEN (JP);  
KOBAYASHI OSAMU (JP); OHTA MINORU (JP);  
OKINOTANI TAKESHI (JP)

**Applicant:** DENSO CORP (JP)

**Classification:**

- international: *F25B39/02; F28D1/053; F28F1/02; F28F1/12;*  
*F25B39/02; F28D1/04; F28F1/02; F28F1/12; (IPC1-7):*  
*F25B39/02*

- european: *F28F1/12D; F25B39/02; F28D1/053E6D; F28F1/02B*

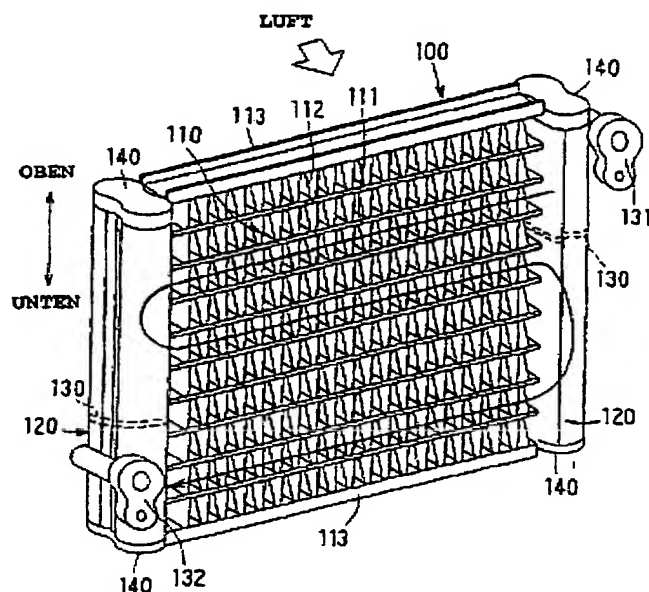
**Application number:** DE20001007159 20000217

**Priority number(s):** JP19990060233 19990308; JP19990304261 19991026

[Report a data error here](#)

### Abstract of DE10007159

The refrigeration evaporator (100) has a number of flat, wide refrigerant conducting tubes (111) with a number of small diameter circular bores between manifolds (120) having inlet (131) and outlet (132) connections for the pressurized refrigerant. Zigzag aluminum strips (112) transfer cooled air to an airstream.



Data supplied from the esp@cenet database - Worldwide

**19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND**



**DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT**

**Offenlegungsschrift**  
**DE 100 07 159 A 1**

Int. Cl.<sup>7</sup>:  
**F 25 B 39/02**

- ②1 Aktenzeichen: 100 07 159.7  
 ②2 Anmeldetag: 17. 2. 2000  
 ④3 Offenlegungstag: 14. 9. 2000

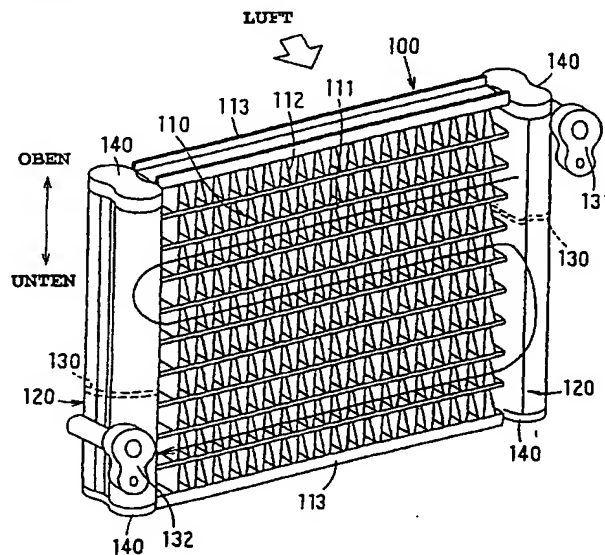
- (30) Unionspriorität:**
- |           |              |    |
|-----------|--------------|----|
| 11-60233  | 08. 03. 1999 | JP |
| 11-304261 | 26. 10. 1999 | JP |
- (71) Anmelder:**  
Denso Corp., Kariya, Aichi, JP
- (74) Vertreter:**  
Zumstein & Klingseisen, 80331 München

- (72) Erfinder:**  
Yamauchi, Yoshiyuki, Kariya, Aichi, JP; Yamamoto,  
Ken, Kariya, Aichi, JP; Kobayashi, Osamu, Kariya,  
Aichi, JP; Ohta, Minoru, Kariya, Aichi, JP;  
Okinotani, Takeshi, Kariya, Aichi, JP

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

- ⑤4 Kühler- und Verdampferrohr für superkritischen Kältekreislauf

- (57) Die Erfindung betrifft ein Rohr (111) für einen Kühler (100) eines superkritischen Kältekreislaufs, in welchem der Druck des Kältemittels in einem Hochdruckbereich des Kreislaufs höher als der kritische Druck des Kältemittels ist. Das Rohr (111) weist mehrere Kältemitteldurchlässe (111a) auf, die sich in Längsrichtung des Rohrs (111) erstrecken. Der Äquivalenzdurchmesser (D) von jedem der Kältemitteldurchlässe (111a) ist mit 0,15 bis 0,8 mm gewählt. Ein Rohr (211) für einen Verdampfer (200) des superkritischen Kältekreislaufs weist mehrere Kältemitteldurchlässe (211a) auf, die sich in Längsrichtung des Rohrs (211) erstrecken. Der Äquivalenzdurchmesser (de) jedes Kältemitteldurchlasses (211a) ist mit 0,46 bis 0,72 mm gewählt. In Folge hiervon sind das Abstrahlvermögen des Kühlers (100) und das Wärmeaustauschvermögen des Verdampfers (200) verbessert.



**DE 100 07 159 A 1**

**DE 100 07 159 A 1**

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft allgemein Kühlerrohre oder Verdampferrohre und insbesondere ein Kühler- oder ein Verdampferrohr für einen superkritischen Kältekreislauf, in welchem der Druck eines Kältemittels in einem Hochdruckbereich des Kreislaufs größer als der kritische Druck des Kältemittels ist. Der superkritische Kältekreislauf wird im wesentlichen als Kältekreislauf für eine Fahrzeugklimaanlage eingesetzt.

Die JP-B2-5-87752 offenbart ein Rohr für einen Verflüssiger eines gewöhnlichen Kältekreislaufs, durch welchen Chlor, Fluor, Kohlenstoff als Kältemittel zirkuliert. Wie in Fig. 9 gezeigt, besitzt das Rohr mehrere Kältemitteldurchlässe T1...Tk...Tn, die sich in Längsrichtung des Rohrs erstrecken. Jeder der Kältemitteldurchlässe T1...Tk...Tn besitzt einen Äquivalenzdurchmesser D von 0,015 bis 0,07 Inch. Bei dem Äquivalenzdurchmesser D handelt es sich um einen Durchmesser des jeweiligen der Kältemitteldurchlässe T1...Tk...Tn, wenn dieser Durchmesser umge-  
setzt bzw. umgewandelt wird in einen Kältemitteldurchlass mit kreisförmigem Querschnitt. Der Äquivalenzdurchmesser D wird durch folgende numerische Gleichung berechnet.

$$D = 4X(S_1 + \dots + S_k + \dots + S_n)/(L_1 + \dots + L_k + \dots + L_n) \quad (1)$$

wobei  $S_k$  die Querschnittsfläche des Kältemitteldurchlasses Tk ist und wobei  $L_k$  der Außenumfang des Kältemitteldurchlasses Tk ist.

Während das Kältemittel von der Gasphase in die Flüssigphase übergeht, ohne seine Temperatur in dem Verflüssiger in einem Hochtemperaturbereich des gewöhnlichen Kältekreislaufs zu ändern, ändert sich die Temperatur des Kältemittels ohne Phasenänderung des Kältemittels in dem superkritischen Kältekreislauf. Der für den Verflüssiger des gewöhnlichen Kältekreislaufs geeignet festgelegte, vorstehend genannte Äquivalenzdurchmesser D kann deshalb nicht auf einen Kühler oder einen Verdampfer des superkritischen Kältekreislaufs angewendet werden.

Wie in Fig. 10 außerdem gezeigt, ist der Kältemitteldurchlass Tk üblicherweise mit rechteckigem Querschnitt gebildet. Das Kältemittel wird verflüssigt oder kondensiert, während es durch den Kältemitteldurchlass Tk strömt. Das verflüssigte Kältemittel sammelt sich in "Ecken" "a" jedes Kältemitteldurchlasses 111b in Fig. 10 ungehindert an und eine aus flüssigem Kältemittel bestehende Dünnschicht wird auf der Innenwand des Kältemitteldurchlasses Tk gebildet, wie in Fig. 10 schattiert gezeigt. In Folge hiervon wird die Verflüssigung von gasförmigem Kältemittel erleichtert. Wenn jedoch, wie in Fig. 11 gezeigt, der Kältemitteldurchlass Tk rechteckigen Querschnitt besitzt, können thermische Grenzschichten in den Ecken des Kältemitteldurchlasses Tk erzeugt werden und einander überlappen. In Folge hiervon kann der Wärmeübertragungskoeffizient des Kältemittels und des Rohrs beeinträchtigt werden.

Angesichts der vorstehend angeführten Probleme besteht eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung darin, ein in geeigneter Weise für einen Kühler oder Verdampfer eines superkritischen Kältekreislaufs gebildetes Rohr zu schaffen.

Gelöst wird diese Aufgabe durch die Merkmale der unabhängigen Ansprüche. Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Demnach umfasst in Übereinstimmung mit der vorliegenden Erfindung ein Rohr für einen Kühler eines superkritischen Kältekreislaufs, in welchem der Druck des Kältemittels in einem Hochdruckbereich größer als der kritische Druck des Kältemittels ist, einen Kältemitteldurchlass,

durch welchen das Kältemittel strömt. Der Äquivalenzdurchmesser des Kältemitteldurchlasses ist mit ungefähr 0,15 bis 0,8 mm gewählt, so dass das Abstrahlvermögen des Kühlers verbessert ist. Der Kältemitteldurchlass besitzt im wesentlichen kreisförmigen Querschnitt.

Außerdem umfasst ein Rohr für einen Verdampfer des superkritischen Kältekreislaufs erfindungsgemäß einen Kältemitteldurchlass, durch welchen das Kältemittel strömt. Der Äquivalenzdurchmesser des Kältemitteldurchlasses ist mit ungefähr 0,46 bis 0,72 mm gewählt, um das Wärmetauschvermögen des Verdampfes zu verbessern. Bevorzugt umfasst der Verdampfer mehrere Rohre und mehrere Rippen, die zwischen benachbarten Rohren angeordnet sind und die Höhe jeder Rippe in einer Richtung senkrecht zur Längsrichtung jedes Rohrs ist mit ungefähr 5 bis 8 mm gewählt. Nachfolgend wird die Erfindung anhand der Zeichnungen beispielhaft näher erläutert; es zeigen:

Fig. 1 eine perspektivische Ansicht eines Kühlers gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

Fig. 2 eine Querschnittsansicht eines Rohrs des Kühlers gemäß der ersten Ausführungsform,

Fig. 3 eine Kurvendarstellung der Beziehung zwischen dem Äquivalenzdurchmesser von jedem der Kältemitteldurchlässe des Rohrs und dem Abstrahlvermögen des Kühlers gemäß der ersten Ausführungsform,

Fig. 4A eine perspektivische Ansicht eines Verdampfers gemäß einer zweiten bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung,

Fig. 4B eine Seitenansicht des Verdampfers gemäß der zweiten Ausführungsform,

Fig. 4C eine Vorderansicht einer Seitenplatte des Verdampfers gemäß der zweiten Ausführungsform,

Fig. 5 eine Vorderansicht des Verdampfers gemäß der zweiten Ausführungsform,

Fig. 6 eine Schnittansicht eines Rohrs des Verdampfers gemäß der zweiten Ausführungsform,

Fig. 7 eine Schnittansicht eines Sammel tanks des Verdampfers gemäß der zweiten Ausführungsform,

Fig. 8A eine Kurvendarstellung der Beziehung zwischen dem Äquivalenzdurchmesser von jedem der Kältemitteldurchlässe des Rohrs und des Wärmetauschvermögens des Verdampfers gemäß der zweiten Ausführungsform,

Fig. 8B eine vergrößerte Ansicht eines Kernabschnitts des Verdampfers gemäß der zweiten Ausführungsform,

Fig. 9 eine Schnittansicht eines herkömmlichen Rohrs für einen Verflüssiger eines gewöhnlichen Kältekreislaufs,

Fig. 10 eine Schnittansicht eines Kältemitteldurchlasses des Rohrs gemäß Fig. 9, und

Fig. 11 eine schematische perspektivische Ansicht von thermischen Grenzschichten, die in dem Kältemitteldurchlass in Fig. 10 erzeugt sind.

Eine erste bevorzugte Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird nunmehr unter Bezug auf Fig. 1 bis 3 erläutert. Gemäß der ersten Ausführungsform ist die vorliegende Erfindung auf ein Rohr für einen Kühler eines superkritischen Kältekreislaufs angewendet, durch welchen Kohlendioxid als Kältemittel strömt.

Wie in Fig. 1 gezeigt, umfasst ein Kühler 100 mehrere flache Rohre 111, die unter Verwendung einer Aluminiumlegierung durch Strangpressen gebildet sind.

Wie in Fig. 2 gezeigt, umfasst jedes Rohr 111 mehrere Kältemitteldurchlässe 111a, durch welche Kältemittel strömt. Jeder der Kältemitteldurchlässe 111a erstreckt sich in Längsrichtung des Rohrs 111 und besitzt kreisförmigen Querschnitt. Der Äquivalenzdurchmesser D von jedem Kältemitteldurchlass 111a, der durch die vorstehend genannte Formel (1) berechnet wird, ist mit ungefähr 0,15 bis 0,8 mm

gewählt. Gemäß der ersten Ausführungsform besitzt jeder der Kältemitteldurchlässe 111a kreisförmigen Querschnitt mit einem Durchmesser d1. Der Äquivalenzdurchmesser D von jedem Kältemitteldurchlass 111a ist gleich dem Durchmesser d1 von jedem Kältemitteldurchlass 111a.

Wie in Fig. 1 gezeigt, sind mehrere gewellte aus Aluminium bestehende Rippen 112 durch eine Walze gebildet zwischen benachbarten Rohren 111 angeordnet. Die Rohre 111 und die Rippen 112 bilden einen Kernabschnitt 110 des Kühlers 100, der zwischen Kältemittel und Luft Wärmeaustausch durchführt. Eine Seitenplatte 113 zum Verstärken des Kernabschnitts 110 ist sowohl am oberen wie am unteren Ende des Kernabschnitts 110 in Fig. 1 angeordnet und an die Rohre 111 und die Rippen 112 durch Lötmaterial gelötet, welches auf die beiden Seitenflächen der Rippen 112 platziert bzw. aufgetragen ist.

Ein Paar von Sammel tanks 120 ist mit jedem Strömungspfad der Rohre 111 verbunden, um sich in eine Richtung senkrecht zur Längsrichtung jedes Rohrs 111 zu erstrecken. Das Kältemittel in dem in Fig. 1 auf der rechten Seite angeordneten Sammel tank 120 wird in jedes Rohr 111 verteilt und Kältemittel aus jedem Rohr 111 wird in den Sammel tank 120 gesammelt, der in Fig. 1 auf der linken Seite angeordnet ist. Der Kühler 100 ist mit einem (nicht gezeigten) Verdichter des superkritischen Kältekreislaufs durch einen Anschluss 131 verbunden und er ist mit einem (nicht gezeigten) Dekomprimierer des superkritischen Kältekreislaufs durch einen Anschluss 132 verbunden. Jedes Längsende der Sammel tanks 120 ist durch eine Kappe 140 verschlossen.

Das Abstrahlvermögen des Kühlers 110 ist definiert durch die Wärmemenge, welche von dem Kältemittel, das durch die Rohre 111 strömt, auf Luft übertragen wird, die den Kernabschnitt 110 durchsetzt. Das Abstrahlvermögen des Kühlers 110 ist deshalb durch den Wärmeübertragungskoeffizienten  $\alpha$  des Kältemittels und der Rohre 111 festgelegt. Der Wärmeübertragungskoeffizient  $\alpha$  wird durch die folgende Formel berechnet:

$$\alpha = 0,023 X Re^{0,8} X Pr^{0,3} X (\lambda/d1) = C1 X (v X d1/v)^{0,8} X (\lambda/d1) = C1 X v^{0,8}/d1^{0,2} X \lambda/v^{0,8} \quad (2)$$

wobei C1 = 0,023 X  $Pr^{0,3}$ , Re die Reynoldszahl ist, Pr die Prandtlzahl ist, v der Koeffizient der dynamischen Viskosität des Kältemittels ist, v die Kältemittelgeschwindigkeit ist,  $\lambda$  die thermische Leitfähigkeit des Kältemittels ist. Wenn, wie in der Formel (2) gezeigt, der Durchmesser d1 von jedem Kältemitteldurchlass 111a vergrößert wird, wird der Wärmeübertragungskoeffizient  $\alpha$  verringert bzw. verkleinert. Wenn der Durchmesser d1 jedes Kältemitteldurchlasses 111a vergrößert wird, wird deshalb das Abstrahlvermögen des Kühlers 2 verringert.

Der Druckverlust  $\Delta P$  jedes Kältemitteldurchlasses 111a wird durch die folgende Formel berechnet:

$$\Delta P = f X p X v^2 X L/d1 \quad (3)$$

wobei p die Dichte des Kältemittels ist und f der Reibungskoeffizient in jedem Kältemitteldurchlass 111a ist. Der Reibungskoeffizient f wird durch die folgende Formel berechnet.

$$f = 0,046/Re^{0,2} = C2/(v X d1/v)^{0,2} \quad (4)$$

wobei C2 = 0,046.

Wenn f in der Formel (3) durch die Formel (4) ersetzt wird, wird folgende Formel gewonnen:

$$\Delta P = C2/(v X d1/v)^{0,2} X p X v^2 X L/d1 = C3 X v^{1,8}/d1^{1,2} \quad (5)$$

wobei  $C3 = C2 X p X L X v^{0,2}$ .

Wenn, wie in der Formel (5) gezeigt, der Durchmesser d1 jedes Kältemitteldurchlasses 111a vergrößert wird, wird der Druckverlust  $\Delta P$  jedes Kältemitteldurchlasses 111a verringert und die Kältemittelgeschwindigkeit v wird verringert. Wenn gemäß Formel (2) der Durchmesser d1 vergrößert wird, wird deshalb der Wärmeübertragungskoeffizient  $\alpha$  verringert. Das Abstrahlvermögen des Kühlers 2 wird deshalb verringert, wenn der Durchmesser d1 jedes Kältemitteldurchlasses 111a vergrößert wird.

Als nächstes wurde die Beziehung zwischen dem Äquivalenzdurchmesser D jedes Kältemitteldurchlasses 111a und dem Abstrahlvermögen Q des Kühlers 2 durch Computersimulation geprüft, wobei die Breite W des Kernabschnitts 110 in der Breitenrichtung in Fig. 1 als Parameter dient. Die Ergebnisse sind in Fig. 3 gezeigt.

Wenn, wie in Fig. 3 gezeigt, der Äquivalenzdurchmesser D sich im Bereich von 0,15 bis 0,8 mm befindet, ist das Abstrahlvermögen Q relativ hoch. In Übereinstimmung mit der ersten Ausführungsform wird der Äquivalenzdurchmesser D mit ungefähr 0,15 bis 0,8 mm gewählt. Der Kühler 100 besitzt deshalb ausreichend hohes Abstrahlvermögen.

In dem superkritischen Kältekreislauf ändert das Kältemittel in dem Hochdruckbereich des Kreislaufes, wie etwa in dem Kühler 100 seine Phase nicht. Es ist deshalb nicht erforderlich, dass jeder der Kältemitteldurchlässe 111a rechteckigen Querschnitt aufweist, um die Verflüssigung des gasförmigen Kältemittels zu erleichtern; vielmehr haben diese Durchlässe kreisförmigen Querschnitt. Folglich besteht keine Begrenzung bei der Erzeugung der thermischen Grenzschichten in jedem Kältemittelkreislauf 111a und es wird verhindert, dass der Wärmeübertragungskoeffizient  $\alpha$  verringert wird. Der Kühler 100 besitzt deshalb ausreichend hohes Abstrahlvermögen.

Eine zweite bevorzugte Ausführungsform gemäß der vorliegenden Erfindung wird nunmehr unter Bezug auf Fig. 4A bis 8B erläutert. Gemäß der zweiten Ausführungsform ist die vorliegende Erfindung auf einen Verdampfer 200 eines superkritischen Kältekreislaufs für eine Fahrzeugklimaanlage angewendet.

Wie in Fig. 4A und 5 gezeigt, ist der Verdampfer 200 in einem (nicht gezeigten) Klimatisierungsgehäuse angeordnet, welches einen Luftdurchlass bildet, durch welchen klimatisierte Luft in die Fahrgastzelle eines Fahrzeugs zum Kühlen von Luft geblasen wird. Der Verdampfer 200 besitzt mehrere Rohre 211, durch welches Kältemittel strömt und mehrere gewellte Kühlrippen 212, die zwischen benachbarten Rohren 211 angeordnet sind, um Wärmetausch zwischen Kältemittel und Luft zu fördern, bzw. zu erleichtern. Die Rohre 211 und die Rippen 212 sind alternativ in einer Schichtungsrichtung senkrecht zur Längsrichtung der Rohre 211 und der Luftströmungsrichtung abwechselnd übereinandergeschichtet angeordnet, um einen Wärmetauscherkernabschnitt zu bilden.

Wie in Fig. 6 gezeigt, besitzt jedes der Rohre 211 mehrere Kältemitteldurchlässe 211a, durch welche Kältemittel strömt. Jeder der Kältemitteldurchlässe 211a erstreckt sich in Längsrichtung der Rohre 211 und besitzt kreisförmigen Querschnitt. Ein Äquivalenzdurchmesser de von jedem der Kältemitteldurchlässe 211a ist mit ungefähr 0,46 bis 0,72 mm gewählt. Der Äquivalenzdurchmesser de ist durch die vorstehend angeführte Formel (1) definiert. Gemäß der zweiten Ausführungsform besitzt jeder der Kältemitteldurchlässe 211a kreisförmigen Querschnitt und einen Durchmesser d2. Der Äquivalenzdurchmesser de ist gleich dem Durchmesser d2 von jedem der Kältemitteldurchmes-

ser 211a. Gemäß der zweiten Ausführungsform ist jedes der Rohre 211 durch Spritzgießen oder Ziehen unter Verwendung von Aluminium gebildet. Wie in Fig. 7 gezeigt, ist ein Paar von Rohren 211 unmittelbar benachbart zueinander in Luftströmungsrichtung angeordnet, so dass die Rohre 211 in zwei Reihen zu liegen kommen.

Wie in Fig. 4A und 5 gezeigt, weist der Verdampfer 200 erste und zweite Tanks 221, 222 (auf die nachfolgend als Tank 220 Bezug genommen wird) auf, die jeweils an den oberen und unteren Längsenden der Rohre 221 angeordnet sind, um sich in Schichtungsrichtung der Rohre 211 zu erstrecken, und die in Verbindung mit dem Kältemitteldurchlässen 211a der Rohre 211 stehen. Wie in Fig. 7 gezeigt, ist der Tank 220 gebildet durch Verbinden einer Kernplatte 220c mit einem Tankkörper 220d durch Löten und er besitzt Tankräume 220a, 220b im Inneren. Der Tankraum 220a steht mit einer Reihe von Rohren 211 in Verbindung und der Tankraum 220b steht mit der anderen Reihe der Rohre 211 unmittelbar benachbart zu der einen Reihe der Rohre 211 in Luftströmungsrichtung angeordnet in Verbindung.

Unter erneutem Bezug auf Fig. 4A und 5 ist eine Seitenplatte 230 an jedem Ende (in Fig. 4A und 5 an den rechten und linken Enden) des Kernabschnitts 210 in Schichtungsrichtung der Rohre 211 angeordnet, um sich parallel zu den Rohren 211 zu erstrecken. Wie in Fig. 4B und 4C gezeigt, umfasst die Seitenplatte 230 einen Kappenabschnitt 231, der an jedem Längsende von ihr gebildet ist. Jedes Längsende des Tanks 220 ist durch den Kappenabschnitt 221 verschlossen. Die Seitenplatte 230 verhindert, dass die an beiden Enden des Kernabschnitts 210 in der Schichtungsrichtung der Rohre 211 angeordneten Rippen 212 gequetscht werden und sie hält die an beiden Enden des Kernabschnitts 210 angeordneten Rippen 212 an den Rohren 211 angeordnet, wenn der Kernabschnitt 210 mittels eines Drahtes vor dem Löten provisorisch gehalten wird.

Die Rohre 211 und die Seitenplatte 230 werden durch Lötmaterial miteinander verlötet, das auf beide Seitenflächen der Rippen 212 aufgetragen bzw. plattiert ist. Die Rohre 211 und der Tankkörper 220d werden an die Kernplatte 220c durch Lötmaterial gelötet, welches auf beide Seitenflächen des Kernabschnitts 220c aufgetragen bzw. plattiert ist. Der Kappenabschnitt 231 der Seitenplatte 230 wird an den Tank 220 durch Lötmaterial gelötet, welches auf den Tank 220 aufgebracht oder thermisch auf diesen gespritzt ist. Jedes andere Lötverfahren kann für die Rohre 211, den Tank 220 und die Seitenplatte 230 eingesetzt werden.

Wie in Fig. 4B und 4C gezeigt, ist die Seitenplatte 230 mit Ausnahme des Kappenabschnitts 231 in einen gewellten Abschnitt 232 gebildet. Der gewellte Abschnitt 232 erhöht die Biegefestigkeit der Seitenplatte 230. Wenn der Verdampfer 200 in dem Klimatisierungsgehäuse angeordnet wird, gelangt der gewellte Abschnitt 232 mit dem vorstehenden Abschnitt in Eingriff, welcher von einer Innenwand des Klimatisierungsgehäuses vorspringt, um eine Labyrinthstruktur auszubilden.

In Folge hiervon wird verhindert, dass Luft durch einen Spalt ausleckt, der zwischen dem Verdampfer 200 und der Innenwand des Klimatisierungsgehäuses gebildet ist. Wie in Fig. 4B gezeigt, besitzt die Seitenplatte 230 außerdem einen Kältemiteleinlass 230a, durch welchen Kältemittel in den Verdampfer 200 geleitet wird, und einen Kältemittelauslass 230b, durch welchen Kältemittel ausgetragen wird.

Wie in Fig. 8A und 8B gezeigt, wurde eine Beziehung zwischen dem Äquivalenzdurchmesser  $d_e$  von jedem Kältemitteldurchlass 211a und dem Wärmetauschvermögen  $Q$  des Verdampfers 200 durch Computersimulation geprüft, wobei die Höhe  $h$  jeder Rippe 212 einen Parameter bildet.

Wie in Fig. 8B gezeigt, entspricht die Höhe  $h$  von jeder Rippe 212 der Länge jeder Rippe 212 in einer Richtung senkrecht zur Längsrichtung der Rohre 211.

Die Simulation wurde durchgeführt, während die Höhe  $H$ , die Breite  $W$ , die Dicke  $T$  und ein Lüftungswiderstand des Verdampfers 200 und der Druck des Kältemittels, welches durch den Verdampfer 200 strömt, konstant gehalten waren. Die Ergebnisse sind in Fig. 8A gezeigt.

Unter der Bedingung, dass die Höhe  $H$  im Bereich von 5 bis 8 mm für den praktischen Einsatz liegt, ist, wie in Fig. 8A gezeigt, das Wärmetauschvermögen  $K$  maximal, wenn der Äquivalenzdurchmesser  $d_e$  im Bereich von ungefähr 0,46 bis 0,72 mm liegend gewählt ist. Gemäß der zweiten Ausführungsform ist der Äquivalenzdurchmesser  $d_e$  mit ungefähr 0,46 bis 0,72 mm gewählt. Der Verdampfer 200 besitzt deshalb ausreichend hohes Wärmetauschvermögen.

Wenn, wie in Fig. 8A gezeigt, die Höhe  $h$  mit 5 mm gewählt ist und der Äquivalenzdurchmesser  $d_e$  in einem Bereich von ungefähr 0,3 bis 0,78 mm liegend gewählt ist oder die Höhe  $h$  mit 6 mm gewählt ist und der Äquivalenzdurchmesser  $d_e$  in einem Bereich von ungefähr 0,36 bis 0,78 mm liegend gewählt ist oder wenn die Höhe  $h$  mit 7 mm gewählt ist und der Äquivalenzdurchmesser  $d_e$  im Bereich von ungefähr 0,4 bis 0,78 mm liegend gewählt ist, beträgt das Wärmetauschvermögen  $Q$  etwa 99% des maximalen Wärmetauschvermögens, welches erzielt wird, wenn die Höhe  $h$  8 mm oder größer ist. Wenn der Äquivalenzdurchmesser  $d_e$  mit ungefähr 0,46 bis 0,72 mm gewählt ist, ist das Wärmetauschvermögen  $Q$  deshalb relativ hoch, während die Höhe  $h$  jeder Rippe 212 mit 5 bis 8 mm gewählt ist.

Die vorliegende Erfindung kann auf einen Kühler oder einen Verdampfer eines superkritischen Kältekreislaufs angewendet werden, durch welchen ein Kältemittel, wie etwa Ethylen, Ethan oder Stickstoffoxid zirkuliert. Die Querschnittsform von jedem der Kältemitteldurchlässe 111a, 211a ist nicht beschränkt auf die Kreisform, sondern kann eine beliebige andere Form aufweisen.

Obwohl die vorliegende Erfindung in Verbindung mit bevorzugten Ausführungsformen unter Bezug auf die anliegenden Zeichnungen vollständig erläutert wurde, erschließen sich dem Fachmann zahlreiche Abwandlungen und Modifikationen, die sämtliche im Umfang der vorliegenden Erfindung liegen, die in den anliegenden Ansprüchen festgelegt ist.

#### Patentansprüche

1. Rohr (111) für einen Kühler (100) eines superkritischen Kältekreislaufs, in welchem der Druck eines Kältemittels in einem Hochtemperaturbereich des Kreislaufs höher ist als ein kritischer Druck des Kältemittels, wobei das Rohr (111) aufweist: einen Kältemitteldurchlass (111a), durch welchen das Kältemittel strömt und der einen Äquivalenzdurchmesser  $D$  von ungefähr 0,15 bis 0,8 mm aufweist.
2. Rohr (111) nach Anspruch 1, wobei der Kältemitteldurchlass (111a) im wesentlichen kreisförmigen Querschnitt aufweist.
3. Rohr (111) nach Anspruch 1 oder 2, wobei der Kältemitteldurchlass (111a) sich in Längsrichtung des Rohrs (111) erstreckt.
4. Rohr (111) nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der Kältemitteldurchlass (111a) mehrere Durchlassabschnitte (111a) aufweist, die sich parallel zueinander erstrecken.
5. Kühler (100) eines superkritischen Kältekreislaufs, in welchem der Druck eines Kältemittels in einem Hochdruckbereich des Kreislaufs höher als der super-

kritische Druck des Kältemittels ist, wobei der Kühler (100) aufweist:

mehrere Rohre (111), von denen jedes mehrere Kältemitteldurchlässe (111a) aufweist, durch welche das Kältemittel strömt, wobei jeder Kältemitteldurchlass (111a) einen Äquivalenzdurchmesser (D) von ungefähr 0,15 bis 0,8 mm aufweist. 5

6. Rohr (211) für einen Verdampfer (200) eines superkritischen Kältekreislaufs, in welchem der Druck eines Kältemittels in einem Hochdruckbereich des Kreislaufs höher als der kritische Druck des Kältemittels ist, wobei das Rohr (211) aufweist: 10

einen Kältemitteldurchlass (211a), durch welchen das Kältemittel strömt und die einen Äquivalenzdurchmesser de von ungefähr 0,46 bis 0,72 mm aufweist. 15

7. Rohr (211) nach Anspruch 6, wobei der Kältemitteldurchlass (211a) im wesentlichen kreisförmigen Querschnitt aufweist.

8. Verdampfer (200) eines superkritischen Kältekreislaufs, in welchem der Druck eines Kältemittels in einem Hochdruckbereich des Kreislaufs höher als der kritische Druck des Kältemittels ist, wobei der Verdampfer (200) aufweist: 20

mehrere Rohre (211), die jeweils mehrere Kältemitteldurchlässe (211a) aufweisen, durch welche das Kältemittel strömt, wobei jeder Kältemitteldurchlass (211a) einen Äquivalenzdurchmesser (de) von ungefähr 0,46 bis 0,72 mm aufweist, und 25

mehrere Rippen (212), die zwischen benachbarten Rohren (211) angeordnet sind, um Wärmetausch zwischen Luft und dem Kältemittel zu fördern, wobei jede der Rippen (212) eine Höhe (h) von ungefähr 5 bis 8 mm in einer Richtung senkrecht zur Längsrichtung jedes Rohrs (211) aufweist. 30

Hierzu 7 Seite(n) Zeichnungen 35

40

45

50

55

60

65

FIG. 1

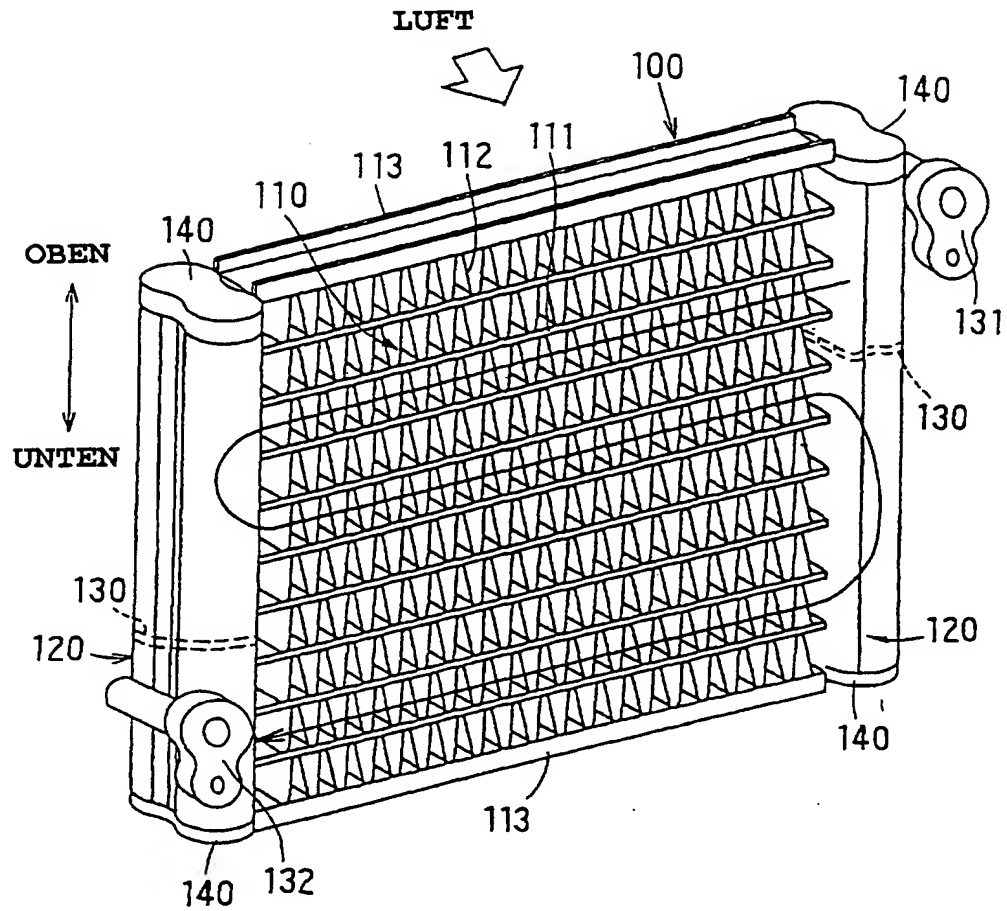


FIG. 2

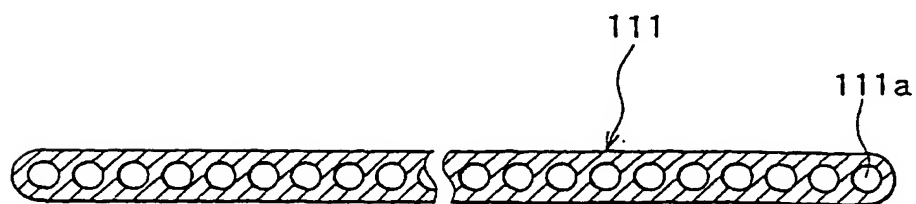
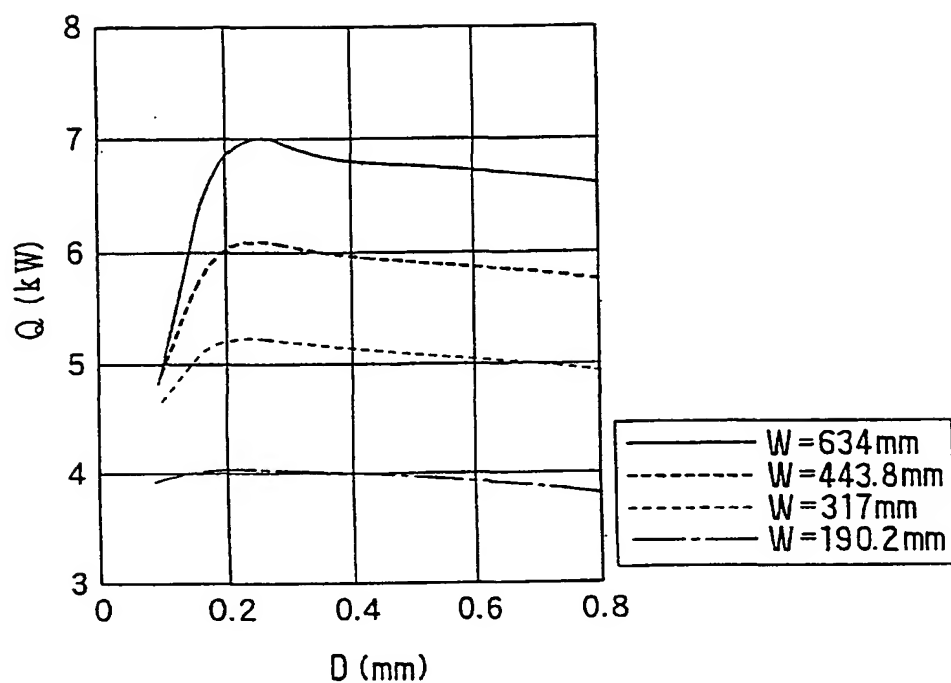


FIG. 3





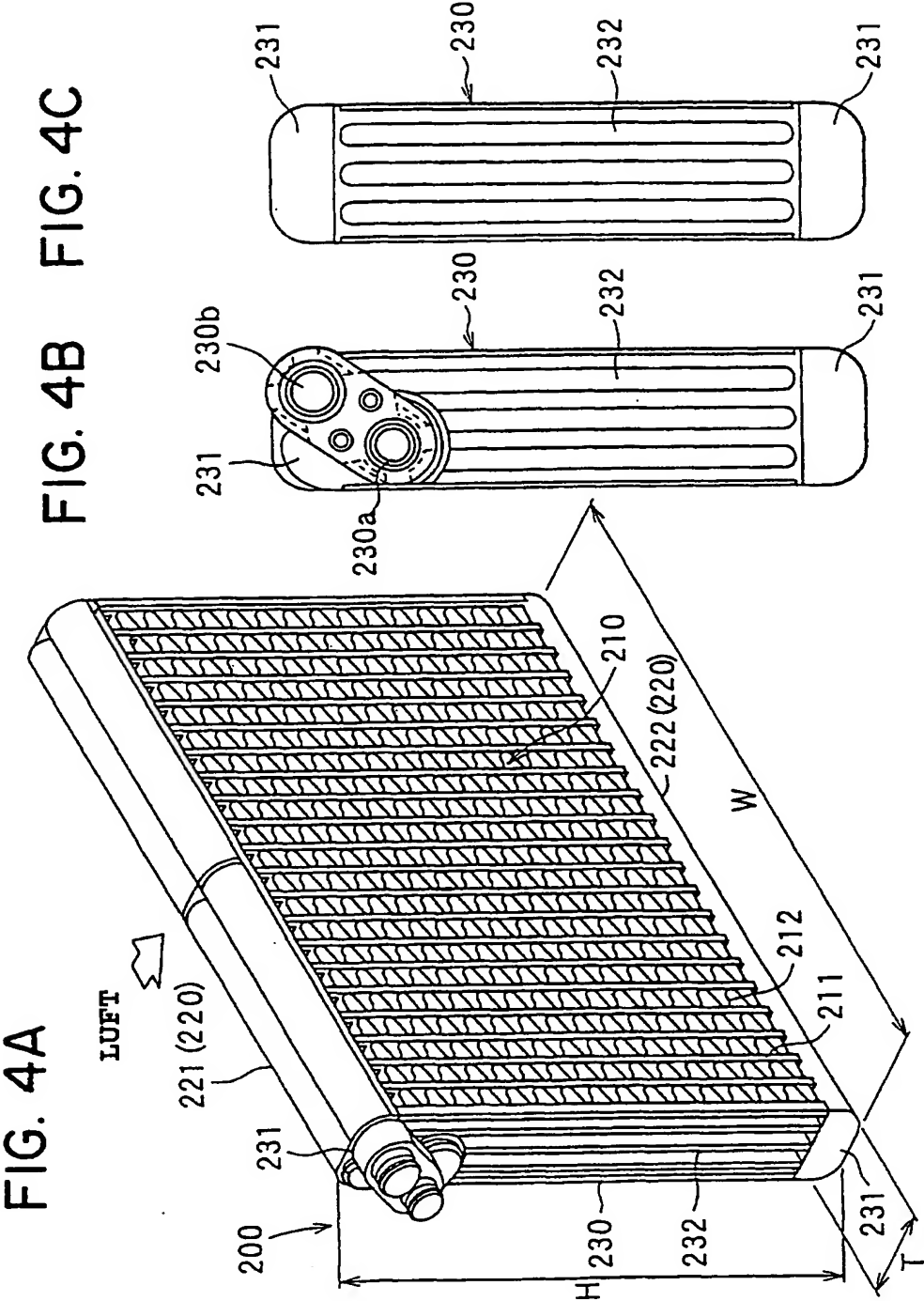


FIG. 5

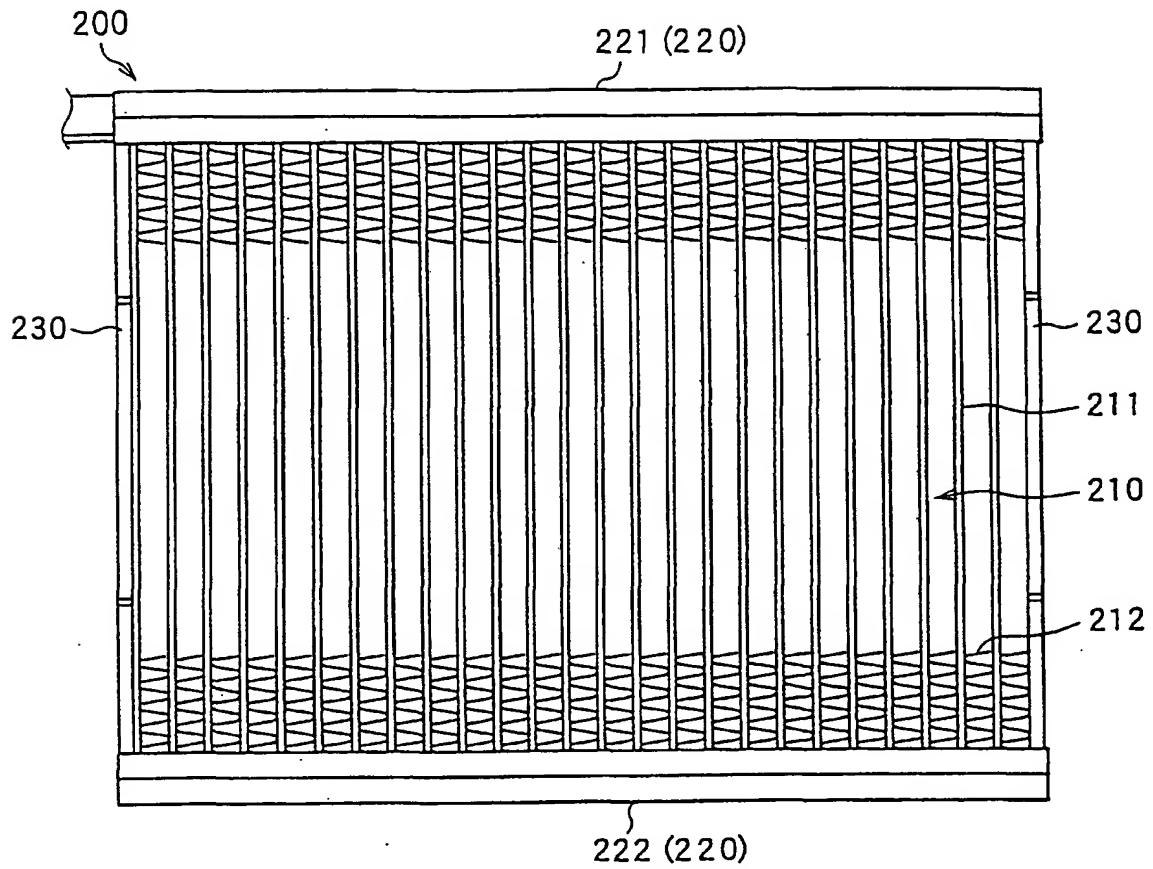


FIG. 6

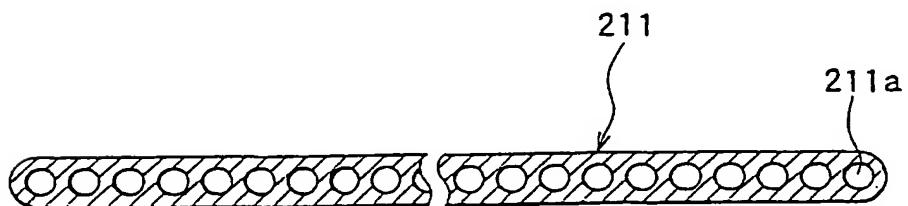


FIG. 7

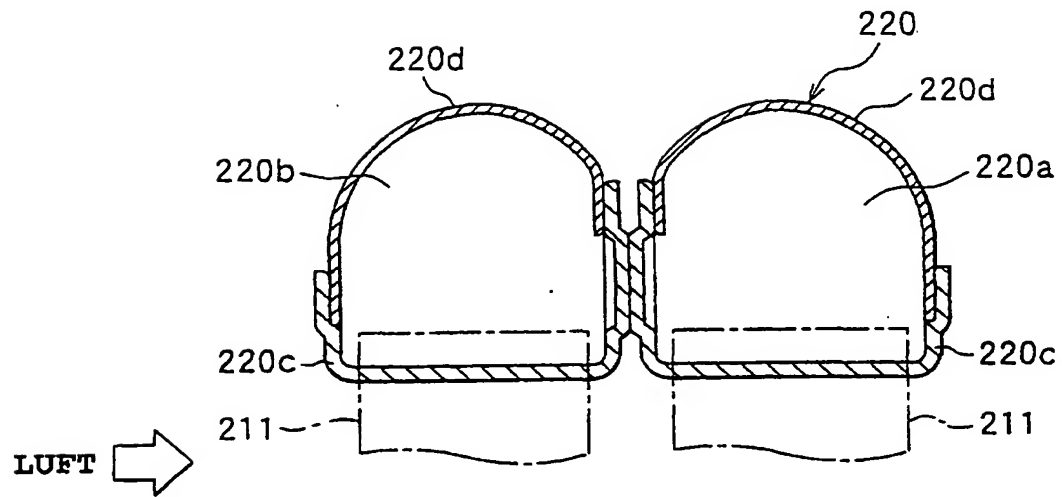


FIG. 8A

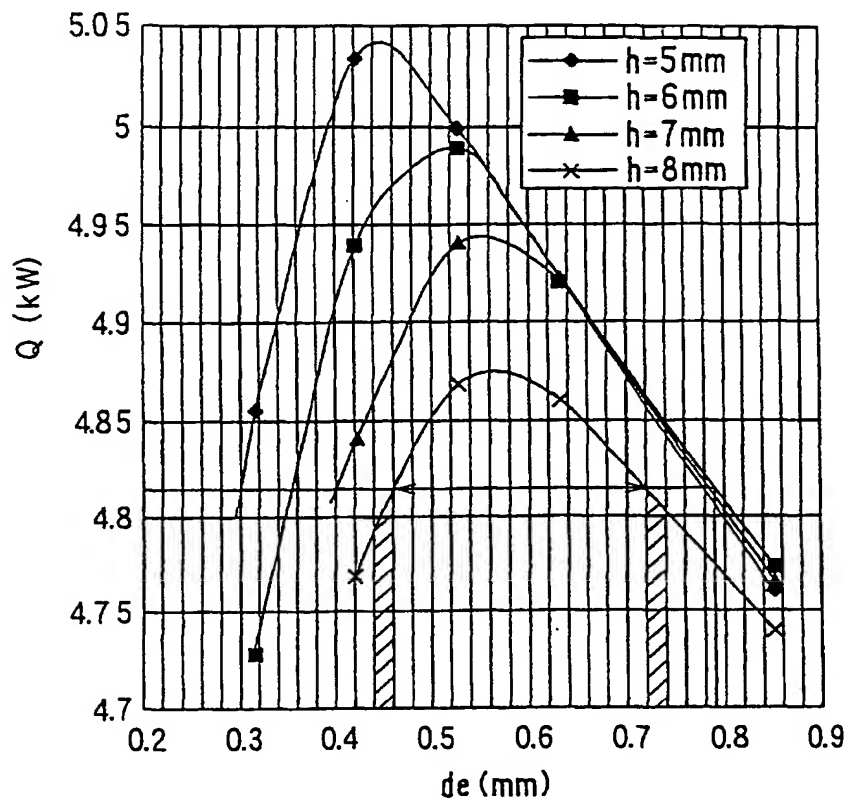


FIG. 8B

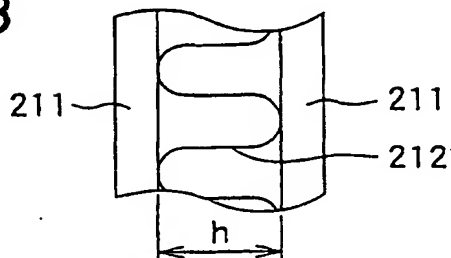
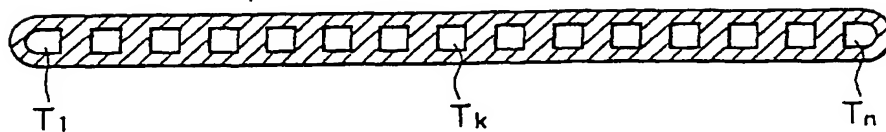
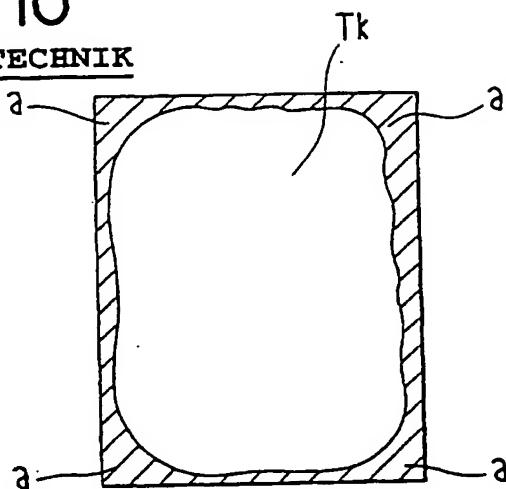


FIG. 9 STAND DER TECHNIK



**FIG. 10**  
STAND DER TECHNIK



**FIG. 11**  
STAND DER TECHNIK

